

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP05/005271

International filing date: 23 March 2005 (23.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-100765
Filing date: 30 March 2004 (30.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 12 May 2005 (12.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 4 年 3 月 3 0 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 4 - 1 0 0 7 6 5

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

J P 2 0 0 4 - 1 0 0 7 6 5

出 願 人
Applicant(s): 独立行政法人物質・材料研究機構
ペンタックス株式会社

2 0 0 5 年 4 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】	特許願
【整理番号】	JP03636
【提出日】	平成16年 3月30日
【あて先】	特許庁長官 殿
【国際特許分類】	A61F 2/28 A61F 2/30 C01B 25/32 C08K 3/32 C08L 89/00
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内
【氏名】	菊池 正紀
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内
【氏名】	生駒 俊之
【発明者】	
【住所又は居所】	茨城県つくば市千現一丁目2番1号 独立行政法人物質・材料研究機構内
【氏名】	田中 順三
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都板橋区前野町2丁目36番9号 ペンタックス株式会社内
【氏名】	庄司 大助
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都板橋区前野町2丁目36番9号 ペンタックス株式会社内
【氏名】	河村 克己
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都板橋区前野町2丁目36番9号 ペンタックス株式会社内
【氏名】	中島 武彦
【発明者】	
【住所又は居所】	東京都板橋区前野町2丁目36番9号 ペンタックス株式会社内
【氏名】	望月 直美
【特許出願人】	
【識別番号】	301023238
【氏名又は名称】	独立行政法人物質・材料研究機構
【特許出願人】	
【識別番号】	000000527
【氏名又は名称】	ペンタックス株式会社
【代理人】	
【識別番号】	100080012
【弁理士】	
【氏名又は名称】	高石 橋馬
【電話番号】	03(5228)6355
【持分の割合】	50/100
【手数料の表示】	
【予納台帳番号】	009324
【納付金額】	10,500円
【提出物件の目録】	
【物件名】	特許請求の範囲 1

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0212684

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

アバタイト／コラーゲン複合体繊維と、コラーゲンと、水とを含む分散物をゲル化した後、得られたゲル体を凍結及び乾燥することにより多孔質体とし、前記多孔質体中のコラーゲンを架橋することによりアバタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体を製造する過程において、前記凍結の工程における前記ゲル体の凝固時間により、前記多孔体の平均気孔径を制御することを特徴とする方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の平均気孔径制御方法において、前記凍結のために前記ゲル体を保持する温度により、前記ゲル体の凝固時間を制御することを特徴とする方法。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の平均気孔径制御方法において、前記凍結のために前記ゲル体を保持する温度を $-100\sim 0^{\circ}\text{C}$ とすることを特徴とする方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体の平均気孔径制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は人工骨材、細胞の足場材等に好適なアパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体（以下、単に「アパタイト／コラーゲン多孔体」という）に関し、特にアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径を制御する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

アパタイトからなる人工骨は自家骨に対する親和性を有し、自家骨に直接結合することができるため、その有用性が評価されており、整形外科、脳神経外科、形成外科、口腔外科等で臨床応用されている。しかしアパタイトのようなセラミックス系の人工骨の機械的特性及び生理的性質は、自家骨と全く同じ訳ではない。例えばアパタイトのみからなるいわゆるセラミックス系人工骨は、自家骨より硬くて脆い。また自家骨は吸収と再生という代謝を繰り返すのに対し、アパタイトからなる人工骨は生体内でほとんど溶解しないため、生体内に半永久的に残存する。このため残存した人工骨が、人工骨と自家骨との界面で自家骨を破壊し、骨折の原因となることが懸念されている。

【0003】

近年、アパタイト人工骨より自家骨の組成に近く、生体内で分解する人工骨が研究されている。例えば特表平11-513590号（特許文献1）は、ハイドロキシアパタイトにコラーゲン及び必要に応じてその他のバインダーが結合したネットワークを含む多孔体を開示している。この多孔体は生体分解性を有するので、多孔体内に自家骨が形成されるとともに、多孔体自身は体内に吸収される。そのため、この多孔体は脊椎固定、骨欠損の補填、骨折修復及び、周欠損移植等に利用できる。

【0004】

アパタイトとコラーゲンからなる多孔体の機械的強度と生体親和性はほぼ反比例の関係にあり、機械的強度を大きくするほど生体親和性は小さくなるという傾向がある。このため、用途に応じたバランスでこれらの特性を有するように多孔体を設計したいという要望がある。アパタイトとコラーゲンからなる多孔体の特性は気孔率にある程度依存し、多孔体の気孔率は、原料中の液体（水、リン酸水溶液等）の割合等により制御可能である。しかし人工骨の用途は多岐に渡ってきており、用途に拠る望ましい特性の違いも大きくなっているため、気孔率の制御のみでは十分とは言えない。

【0005】

機械的強度や生体親和性は、アパタイトとコラーゲンからなる多孔体の気孔率のみならず、平均気孔径にも依存することが知られている。例えば多孔体の平均気孔径が大きいほど、生体に埋入したときに気孔内に体液、組織等が入り込み易いので、多孔体は大きな生体親和性を有すると言える。平均気孔径はアパタイトとコラーゲンからなる多孔体の特性に大きな影響を与える因子であり、多孔体が所望の大きさの平均気孔径を有するようにしたいという要望は、近年一層高まってきている。しかし、平均気孔径を制御してアパタイトとコラーゲンからなる多孔体を作製する方法は未だ知られていない。

【0006】

【特許文献1】 特表平11-513590号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って本発明の目的は、アパタイト／コラーゲン多孔体を製造する工程において、アパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径を制御する方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者らは、アパタイト／コラーゲン複合体繊維及

びコラーゲンを含むゲル体を凍結及び乾燥し、得られた多孔質体を架橋してなるアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径は、ゲル体の凍結に要する時間に依存することを発見し、本発明に想到した。

【0009】

すなわち本発明の多孔体の平均気孔径制御方法は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維と、コラーゲンと、水とを含む分散物をゲル化した後、得られたゲル体を凍結及び乾燥することにより多孔質体とし、前記多孔質体中のコラーゲンを架橋することによりアパタイト／コラーゲン多孔体を製造する過程において、前記凍結の工程における前記ゲル体の凝固時間により、前記多孔体の平均気孔径を制御することを特徴とする。

【0010】

前記凍結のために前記ゲル体を保持する温度により、前記ゲル体の凝固時間を制御するのが好ましい。前記ゲル体を保持する温度は $-100\sim 0^{\circ}\text{C}$ とするのが好ましく、 $-90\sim 0^{\circ}\text{C}$ とするのがより好ましく、 $-80\sim -20^{\circ}\text{C}$ の間でほぼ一定の温度とするのが特に好ましい。

【発明の効果】

【0011】

本発明の方法は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維と、コラーゲンと、水とを含む分散物のゲル体を凝固させる時間により、得られるアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径を制御するものである。凝固時間はゲル体を凍結させるために保持する環境の温度、すなわち凍結環境温度に依存する。このため凍結環境温度により、平均気孔径を制御可能であるので非常に簡便な方法であると言える。

【0012】

アパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径は、その多孔体の機械的強度及び生体親和性に影響する。従って所望の大きさの平均気孔径を有するアパタイト／コラーゲン多孔体を作製し得る本発明の方法は、人工骨材、細胞の足場材等に用いる多孔体の作製に有用である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

本発明のアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径制御方法は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維と、バインダーとなるコラーゲンを含む分散物をゲル化した後、得られたゲル体を凍結する時間を制御することにより、所望の平均気孔径を有する多孔体を作製するものである。そこで、まずアパタイト／コラーゲン多孔体の製造方法を説明し、次にゲル体の凍結工程における平均気孔径制御を説明する。

【0014】

[1] アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体の製造方法

(1) アパタイト／コラーゲン複合体繊維

(a) 原料

アパタイト／コラーゲン複合体繊維は、コラーゲン、リン酸又はその塩、カルシウム塩を原料とする。コラーゲンとしては特に限定されず、動物等から抽出したものを可以使用する。なお由来する動物の種、組織部位、年齢等は特に限定されない。一般的には哺乳動物（例えばウシ、ブタ、ウマ、ウサギ、ネズミ等）や鳥類（例えばニワトリ等）の皮膚、骨、軟骨、腱、臓器等から得られるコラーゲンが使用できる。また魚類（例えばタラ、ヒラメ、カレイ、サケ、マス、マグロ、サバ、タイ、イワシ、サメ等）の皮、骨、軟骨、ひれ、うろこ、臓器等から得られるコラーゲン様蛋白を使用してもよい。なおコラーゲンの抽出方法は特に限定されず、一般的な抽出方法を用いることができる。また動物組織からの抽出ではなく、遺伝子組み替え技術によって得られたコラーゲンを使用してもよい。

【0015】

リン酸又はその塩（以下単に「リン酸（塩）」という）としてはリン酸、リン酸水素ナトリウム、リン酸二水素ナトリウム、リン酸水素二カリウム、リン酸二水素カリウム等が挙げられる。またカルシウム塩としては炭酸カルシウム、酢酸カルシウム、水酸化カル

シウム等が挙げられる。リン酸塩及びカルシウム塩はそれぞれ均一な水溶液又は懸濁液の状態で添加するのが好ましい。

【0016】

使用するアパタイト原料（リン酸（塩）及びカルシウム塩）とコラーゲンとの質量比により、生成物中のアパタイト／コラーゲンの質量比を制御できる。このため使用するアパタイト原料とコラーゲンとの質量比は、目的とするアパタイト／コラーゲン複合体繊維の組成比により適宜決定する。アパタイト／コラーゲン複合体繊維中のアパタイト／コラーゲンの比率は9／1～6／4とするのが好ましく、例えば8／2とする。

【0017】

(b) 溶液の調製

リン酸（塩）水溶液及びカルシウム塩水溶液を調製する。リン酸（塩）水溶液及びカルシウム塩水溶液の濃度は、リン酸（塩）とカルシウム塩とが所望の配合比にあれば特に限定されないが、後述する滴下操作の都合上、リン酸（塩）水溶液の濃度を50～250 mM程度とし、カルシウム塩水溶液の濃度を200～600 mM程度とするのが好ましい。コラーゲンは一般的にはリン酸水溶液の状態で、前述のリン酸（塩）水溶液に加える。コラーゲンのリン酸水溶液としては、コラーゲンの濃度が約0.5～1質量％、リン酸の濃度が10～30 mM程度のものを使用する。実用的にはコラーゲンの濃度が0.8～0.9質量％（例えば0.85質量％）、リン酸の濃度が15～25 mM（例えば20 mM）程度である。

【0018】

(c) アパタイト／コラーゲン複合体繊維の製造

添加すべきカルシウム塩水溶液の量とほぼ同量の水を予め反応容器に入れ、40℃程度に加熱しておく。そこに、コラーゲンを含有するリン酸（塩）水溶液とカルシウム塩水溶液を同時に滴下する。滴下条件を制御することにより、合成するアパタイト／コラーゲン複合体繊維の長さを制御できる。滴下速度は10～50 ml/min程度とするのが好ましく、反応溶液を50～300 rpm程度で攪拌するのが好ましい。滴下中、反応溶液中のカルシウムイオン濃度を3.75 mM以下、かつリン酸イオン濃度を2.25 mM以下に維持するのが好ましい。これにより、反応溶液のpHは8.9～9.1に保たれる。カルシウムイオン及び／又はリン酸イオンの濃度が上記範囲を超えると、複合体の自己組織化が妨げられる。本明細書中「自己組織化」とは、コラーゲン繊維に沿って、ハイドロキシアパタイト（アパタイト構造を有するリン酸カルシウム）が生体骨特有の配向をしていること、すなわちハイドロキシアパタイトのC軸がコラーゲン繊維に沿うように配向していることを意味する。以上の滴下条件により、アパタイト／コラーゲン複合体繊維の長さは、多孔体の原料として好適な1 mm以下となる。またアパタイト／コラーゲン複合体繊維は、自己組織化したものとなる。

【0019】

滴下終了後、スラリー状になった水とアパタイト／コラーゲン複合体繊維との混合物を凍結乾燥する。凍結乾燥は、-10℃以下に凍結した状態で真空引きし、急速に乾燥させることにより行うことができる。

【0020】

(2) アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む分散物の調製

アパタイト／コラーゲン複合体繊維に水、リン酸水溶液等の液体を加えて攪拌し、ペースト状の分散物を調製する。液体の添加量は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維の80～99体積％とするのが好ましく、90～97体積％とするのがより好ましい。製造する多孔体の気孔率Pは分散物中のアパタイト／コラーゲン複合体繊維と液体との体積比に依存し、下記式(1)：

$$P = X / (X+Y) \quad \cdots (1)$$

（ただし、Xは分散物中のアパタイト／コラーゲン複合体繊維の体積、Yは分散物中の液体の体積を示す。）により表される。このため加える液体の量を制御することにより多孔体の気孔率Pを制御することができる。液体を加えた後で分散物を攪拌することにより、アパタイト／コラーゲン複合体繊維が切断され繊維長の分布幅が大きくなるため、製造する多孔体の強度が向上する。

【0021】

複合体の分散物にバインダーとなるコラーゲンを加え、さらに攪拌する。コラーゲンの添加量は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維100質量％に対して、1～10質量％とするのが好ましく、3～6質量％とするのがより好ましい。複合体の場合と同様に、コラーゲンはリン酸水溶液の状態で加えるのが好ましい。コラーゲンのリン酸水溶液の濃度等は特に限定されないが、実用的にはコラーゲンの濃度が0.8～0.9質量％（例えば0.85質量％）、リン酸の濃度が15～25 mM（例えば20 mM）である。

【0022】

(3) 分散物のゲル化

コラーゲンのリン酸（塩）水溶液の添加により分散物は酸性となっているので、これにpHが7程度となるまで水酸化ナトリウム溶液を加える。分散物のpHを6.8～7.6とするのが好ましく、7.0～7.4とするのがより好ましい。分散物のpHを6.8～7.6とすることにより、バインダーとして加えたコラーゲンの繊維化を促進することができる。

【0023】

分散物にリン酸緩衝溶液（PBS）の2.5～10倍程度の濃縮液を加えて攪拌し、イオン強度を0.2～0.8に調整する。より好ましいイオン強度は、PBSと同程度のイオン強度（0.2～0.8程度）である。分散物のイオン強度を大きくすることにより、バインダーとして加えたコラーゲンの繊維化を促進することができる。

【0024】

分散物を成形型に入れた後、35～43℃の温度に保持することにより分散物をゲル化させる。保持温度は35～40℃とするのが好ましい。分散物を十分にゲル化させるため、保持する時間は0.5～3.5時間とするのが好ましく、1～3時間とするのがより好ましい。分散物の温度を35～43℃に保持することにより、バインダーとして加えたコラーゲンが繊維化し、分散物がゲル状となる。分散物がゲル化することにより、アパタイト／コラーゲン複合体繊維が分散物中で沈降するのを防ぐことができるため、均一な多孔質体を製造することが可能となる。ゲル化処理を施した分散物はゼリー状になる。

【0025】

(4) ゲル体の凍結及び乾燥

アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含むゲル体を凍結器で凍結させる。目的とするアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径は、ゲル体の凍結に要する時間に依存する。平均気孔径の制御方法については、後で詳細に説明する。凍結器内の温度は-100～0℃とするのが好ましく、-100～-10℃とするのがより好ましく、-80～-20℃とするのが特に好ましい。-100℃未満であると、得られるアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径が小さ過ぎる。0℃超であると、凍結しないか凍結に時間がかかり過ぎる上、多孔体の平均気孔径が大き過ぎる。

【0026】

凝固したゲル体を凍結乾燥し、多孔質体とする。凍結乾燥はアパタイト／コラーゲン複合体繊維の場合と同様に、-10℃以下に凍結した状態で真空引きし、急速に乾燥させることにより行う。凍結乾燥は分散物が十分に乾燥するまで行えばよく時間は特に制限されないが、一般的には24～72時間程度である。

【0027】

(5) コラーゲンの架橋

コラーゲンの架橋はγ線、紫外線、熱脱水、電子線等を用いた物理的架橋、架橋剤や縮合剤を用いた化学的架橋等いずれの方法を用いてもよい。化学的架橋の場合、架橋剤の溶液に凍結乾燥した多孔質体を浸すことにより、多孔質体中のコラーゲンを架橋する。架橋剤としては、例えばグルタルアルデヒド、ホルムアルデヒド等のアルデヒド系架橋剤、ヘキサメチレンジイソシアネート等のイソシアネート系架橋剤、1-エチル-3-(3-ジメチルアミノプロピル)カルボジイミド塩酸塩等のカルボジイミド系架橋剤、エチレングリコールジエチルエーテル等のポリエポキシ系架橋剤、トランスグルタミナーゼ等が挙げられる。これらの架橋剤のうち、架橋度の制御し易さや、得られる多孔体の生体適合性の面からグル

ターアルデヒドが特に好ましい。

【0028】

架橋剤をグルタルアルデヒドとする場合、グルタルアルデヒド溶液の濃度は、0.005～0.015質量%とするのが好ましく、0.005～0.01質量%とするのがより好ましい。多孔体は脱水する必要があるが、ここでグルタルアルデヒド溶液の溶媒としてエタノール等のアルコールを使用すると、多孔体の脱水をコラーゲンの架橋と同時に行うことができる。脱水を架橋と同時に行うことにより、アパタイト／コラーゲン複合体繊維が収縮した状態で架橋反応を起こさせ、生成する多孔体の弾性を向上させることができる。

【0029】

架橋処理後、未反応のグルタルアルデヒドを除去するため2質量%程度のグリシン水溶液に多孔体を浸漬し、次いで水洗する。さらにエタノールに浸漬することにより多孔体を脱水した後、室温で乾燥させる。

【0030】

熱脱水架橋の場合、凍結乾燥後の多孔質体を100～160℃、0～100 hPaの真空オーブン中に10～12時間保持すればよい。

【0031】

[2] アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体の平均気孔径制御方法

アパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径は、ゲル体を凍結させる時間に依存する。このため平均気孔径を制御するには、先ずゲル体を凍結させる条件と、生成するアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径との関係を調べる必要がある。

【0032】

(1) 凍結環境温度 T_0 と凝固時間 S_b

図1に示すように、円柱状の成形型1に入ったゲル体2の中心部に温度センサ3を挿入する。この成形型1を凍結器に入れ、ゲル体2が凝固するまで保持する。図2は、凍結器に入れたゲル体の温度の時間変化を概略的に示すグラフである。凍結器の温度は T_0 ℃に設定してある。

【0033】

図2に示すように、凍結器に入れるとゲル体の温度は室温から急速に低下し(S_a)、ある温度(t ℃)に達すると、その後は一定又は緩やかな下降(S_b)となる。このようにゲル体の温度が一定又は緩やかな下降を示している間に、ゲル体は凝固する。本明細書中、ゲル体が凝固中であって、温度変化が一定又は緩やかな下降を示す時間を凝固時間(S_b)といい、その間の温度(t ℃)を凝固温度という。また凍結させるためにゲル体を保持する環境の温度(例えば凍結器の温度)を凍結環境温度 T_0 という。完全に凝固した後、ゲル体の温度は凍結環境温度 T_0 になるまで下がる(S_c)。

【0034】

凝固時間 S_b は、凍結環境温度 T_0 により制御することができる。例えば直径1～2 cm、高さ3～5 cmの円柱状ゲル体の場合、凍結環境温度 T_0 を -80 ℃とすると凝固時間 S_b は300～500秒になり、凍結環境温度 T_0 を -20 ℃とすると、凝固時間 S_b は3000～3500秒になる。凍結環境温度 T_0 は一定でなくてもよいが、温度変化の幅を ± 5 ℃以内に保つと、凝固時間 S_b を制御し易いので好ましい。

【0035】

図3に示すように、複数のゲル体2を種々の凍結環境温度 T_0 で凍結させ(図3(A1))、各ゲル体2の凝固時間 S_b を測定する(図3(A2))。これにより、凍結環境温度 T_0 に対する凝固時間 S_b を示すグラフを作成することができる(図3(A3))。凝固時間 S_b は凍結環境温度 T_0 にほぼ比例する。図3に示す例では凍結環境温度 T_0 に対する凝固時間 S_b のグラフは直線状であるが、ゲル体2の形状や組成によっては曲線になることもある。信用性のために3点以上の凍結環境温度 T_0 で凝固時間 S_b を測定し、グラフ化するのが好ましい。グラフが曲線になる場合は、4点以上の凍結環境温度 T_0 で測定するのが好ましい。

【0036】

(2) 凝固時間 S_b と平均気孔径

凍結乾燥（図3(B)）により得られた多孔質体20をコラーゲン架橋（図3(C)）した後、得られた多孔体200の平均気孔径（図3(D1)）を測定する。温度センサ3から0～10 mmのところにある気孔のうち3つ以上の径を測定し、その平均を求めるのが好ましい。種々の凝固時間Sbで得たアパタイト／コラーゲン多孔体200の平均気孔径を測定することにより、凝固時間Sbに対する平均気孔径のグラフを作成することができる（図3(D2)）。多孔体の平均気孔径は線インターセプト法により求めることができる。具体的には、先ず多孔体200の研磨面を顕微鏡写真に撮り、写真にランダムに直線を引く。次にこの直線が横切る全ての気孔の内径を測定し、測定した気孔の数で平均する。平均気孔径は凝固時間Sbにほぼ比例し、凝固時間Sbが短いほど平均気孔径は小さく、凝固時間Sbが長いほど平均気孔径は大きい。図3に示す例では凝固時間Sbに対する平均気孔径のグラフは直線状であるが、曲線状になることもある。

【0037】

(3) 平均気孔径制御方法

凝固時間Sbと平均気孔径のグラフ（図3(D2)）及び凍結環境温度 T_0 と凝固時間Sbのグラフ（図3(A3)）を用いて、所望の平均気孔径を有するアパタイト／コラーゲン多孔体を作製するための凍結環境温度 T_0 を求めることができる。例えば平均気孔径 $d\text{ }\mu\text{m}$ のアパタイト／コラーゲン多孔体を作製するには、凝固時間Sbと平均気孔径のグラフから平均気孔径 $d\text{ }\mu\text{m}$ に対応する凝固時間Sb(d)を求め（図3(E1)）、凍結環境温度 T_0 と凝固時間Sbのグラフから凝固時間をSb(d)にするための凍結環境温度 T_0 を求める（図3(E2)）。このようにして、所望の平均気孔径を有するアパタイト／コラーゲン多孔体を作製するためのゲル体の凍結環境温度 T_0 を決定することができる（図3(E)）。

【0038】

例えば直径1～2 cmの円柱状多孔体を作製する場合、平均気孔径を $100\text{ }\mu\text{m}$ にするには凝固時間Sbを450～500秒にする必要があるので、凍結環境温度 T_0 を $-85\sim-75^{\circ}\text{C}$ に設定する。平均気孔径を $350\text{ }\mu\text{m}$ にするには凝固時間Sbを2700～3000秒にする必要があるので、凍結環境温度 T_0 を $-40\sim-30^{\circ}\text{C}$ に設定すればよい。このように凍結環境温度 T_0 を $-80\sim-10^{\circ}\text{C}$ にすることにより凝固時間Sbを200～3500秒とし、多孔体の平均気孔径を $50\sim500\text{ }\mu\text{m}$ にすることができる。

【実施例】

【0039】

本発明を以下の実施例によってさらに詳細に説明するが、本発明はそれらに限定されるものではない。

【0040】

実施例1

(1) アパタイト／コラーゲン複合体繊維の作製

120 mMリン酸水溶液400 mlに、コラーゲンのリン酸水溶液（濃度0.97 wt%、20 mMリン酸）を412 g加えて攪拌することにより溶液Iを得た。他方、400 mM水酸化カルシウム溶液（溶液II）を400 ml調製した。反応容器に200 mlの純水を入れた後、溶液I及びIIを同時に滴下し、得られた反応溶液を攪拌した。滴下中の反応溶液のpHは8.9～9.1に保持した。生成したアパタイト／コラーゲン複合体繊維の長さは、概ね1～2 mmであった。アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含むスラリーは、凍結及び凍結乾燥した。アパタイト／コラーゲン複合体繊維中のアパタイト／コラーゲンの配合比は、質量基準で8／2であった。

【0041】

(2) アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体(a-1)の作製

乾燥したアパタイト／コラーゲン複合体繊維2 gに純水4.84 mlを加えた後、1 NのNaOH0.06 mlを加えて攪拌した。得られたアパタイト／コラーゲン複合体繊維のスラリーにコラーゲンのリン酸水溶液（濃度0.97 wt%、20 mMリン酸）を2 g加えて攪拌した後、10倍濃縮のPBSを1.61 ml加えて攪拌し、分散物を得た。液体（純水、リン酸水溶液、NaOH、PBS）の添加量は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む分散物の95体積%であった。

【0042】

分散物を成形型（スチロール製、円柱形、内径1.5 cm×高さ3.5 cm）に入れ、37℃で2時間保持してゼリー状の成形体(a)を得た。この成形体(a)の中心に温度センサを入れ、-80℃に設定した凍結器内に入れた。成形体(a)の凝固温度は-5~-1℃であり、凝固時間は350秒であった。得られた凝固体を真空オーブン（0~240℃、760~1 Torr）を用いて乾燥した後、減圧（1.33 hPa）、140℃で熱脱水架橋することにより、アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-1)を得た。

【0043】

(3) アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体(b-1)及び(c-1)の作製

ゼリー状の成形体(b)及び(c)をそれぞれ-50℃、-20℃に設定した凍結器内に入れた以外、実施例1(1)及び(2)と同様にして、アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(b-1)及び(c-1)を得た。成形体(b-1)の凝固時間は1609秒であり、成形体(c)の凝固時間は3240秒であった。凝固温度はいずれも-5~-1℃であった。多孔体(a-1)、(b-1)及び(c-1)の気孔率は、いずれも約95%であった。多孔体(a-1)、(b-1)及び(c-1)の凍結環境温度 T_0 （凍結器内の温度）と凝固時間 S_b との関係を図4に示す。凝固時間 S_b は凍結環境温度 T_0 にほぼ比例していた。

【0044】

(4) 平均気孔径の測定

アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-1)、(b-1)及び(c-1)の断面の走査電子顕微鏡（SEM）写真を図5に示す。線インターセプト法により、各多孔体の平均気孔径を求めたところ、下記表1のとおりであった。なお気孔径は、温度センサから約7mm離れたところのものを測定した。凝固時間を短くするほど平均気孔径は小さくなり、凝固時間を長くするほど平均気孔径は大きくなっていった。

【表1】

多孔体 No.	凍結環境温度 T_0 (℃)	凝固時間 S_b (秒)	平均気孔径 (μm)	
				標準偏差
(a-1)	-80	350	93	53
(b-1)	-50	1609	181	92
(c-1)	-20	3240	378	142

【0045】

実施例2

原料の配合量を表2のとおりとした以外実施例1(1)~(3)と同様にして、アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-2)、(b-2)及び(c-2)を得た。いずれの多孔体も、凝固温度-5~-1℃であった。

【0046】

【表2】

例No.	アパタイト／コラーゲン複合体繊維	水	NaOH溶液 (1 N)	コラーゲンの リン酸水溶液	PBS	液体の 添加量 ^注
実施例 1	2 g	4.84 ml	0.06 ml	2 g	1.61 ml	95 体積%
実施例 2	4 g	9.86 ml	0.12 ml	4 g	1.529 ml	90 体積%

注：液体の添加量は、アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む分散物に対する純水、リン酸水溶液、NaOH及びPBSの合計の体積比を示す。

【0047】

多孔体(a-2)、(b-2)及び(c-2)の凍結環境温度 T_0 （凍結器内の温度）と凝固時間 S_b との関係を図6に示す。実施例1と同様に、凝固時間 S_b は凍結環境温度 T_0 にほぼ比例していた。多孔体(a-2)、(b-2)及び(c-2)の断面の走査電子顕微鏡（SEM）写真を図7に示す。図7から、気孔率90%の多孔体(a-2)、(b-2)及び(c-2)は、気孔率95%のもの（実施例1）と比較して太い梁部分を有することが分かった。線インターセプト法により、各多孔体の

平均気孔径を求めたところ、下記表３のとおりであった。

【００４８】

【表３】

多孔体 No.	凍結環境温度T ₀ (℃)	凝固時間S _b (秒)	平均気孔径 (μm)	
				標準偏差
(a-2)	-80	835	97	71
(b-2)	-50	1439	330	150
(c-2)	-20	3388	619	411

【００４９】

実施例１及び２における多孔体製造時の凝固時間S_bと、平均気孔径との関係を図８に示す。アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体の平均気孔径は、成形体の凝固時間S_bにほぼ比例していた。また平均気孔径／凝固時間S_bのグラフの傾きは、気孔率９０％（実施例２）の時の方が気孔率９５％の時（実施例１）より大きかった。これは同じ凝固時間であれば、凝固する水の量が少ないほど水の結晶成長時間が長く、各氷を収容する気孔の径が大きくなるためであると考えられる。図４、６及び８に示すグラフを用いることにより、所望の平均気孔径を有する多孔体を作製することが可能であった。

【図面の簡単な説明】

【００５０】

【図１】 温度センサを挿入したゲル体を示す断面図である。

【図２】 凍結工程における多孔体の温度変化を概略的に示すグラフである。

【図３】 本発明のアパタイト／コラーゲン多孔体の平均気孔径制御方法を示すフローチャートである。

【図４】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-1)、(b-1)及び(c-1)の凍結環境温度に対するゲル体の凝固時間を示すグラフである。

【図５】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-1)、(b-1)及び(c-1)の走査電子顕微鏡（SEM）写真である。

【図６】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-2)、(b-2)及び(c-2)の凍結環境温度に対するゲル体の凝固時間を示すグラフである。

【図７】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含有する多孔体(a-2)、(b-2)及び(c-2)の走査電子顕微鏡（SEM）写真である。

【図８】 凝固時間に対する平均気孔径を示すグラフである。

【符号の説明】

【００５１】

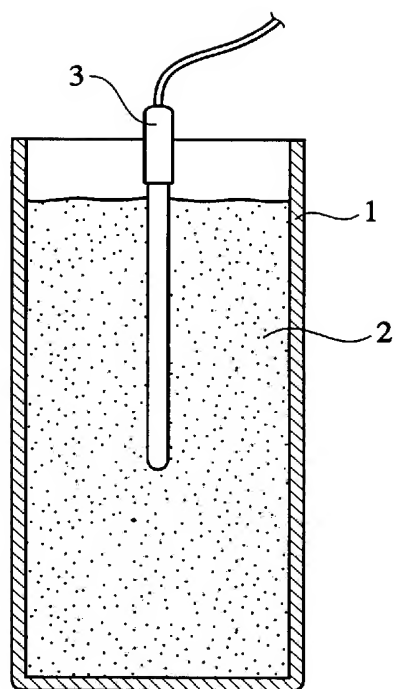
１・・・成形型

２・・・ゲル体

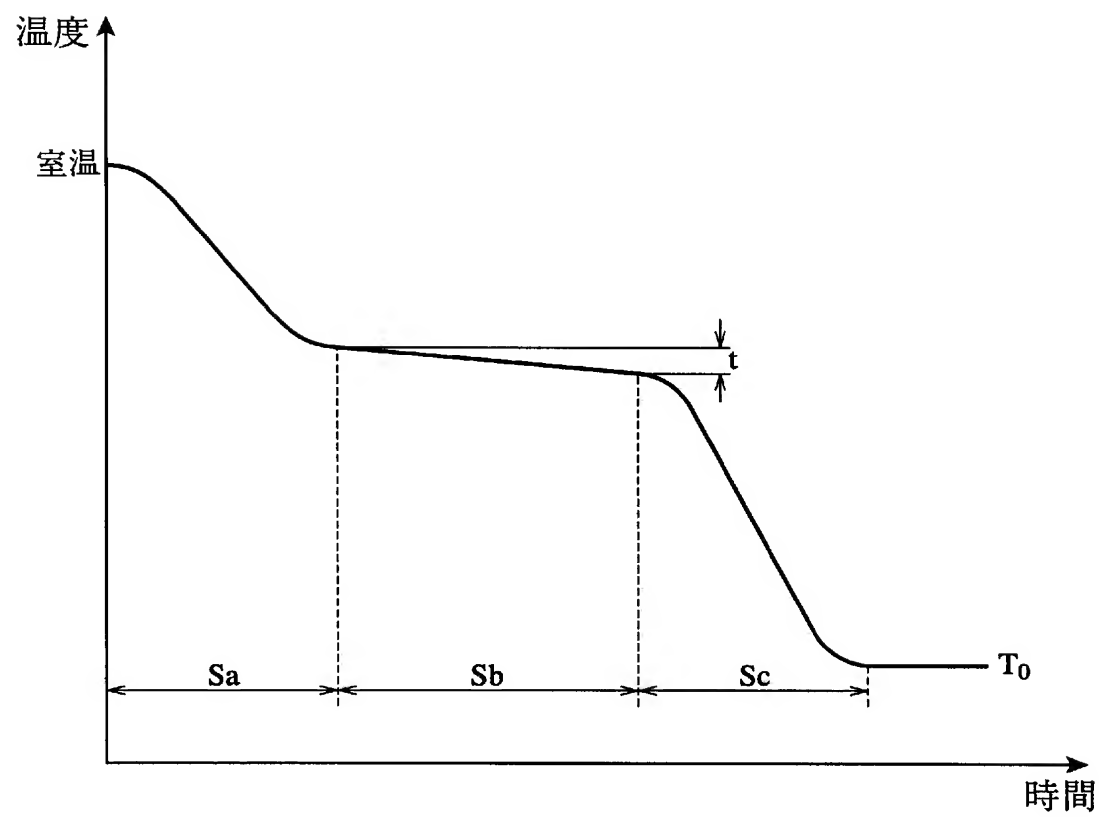
３・・・温度センサ

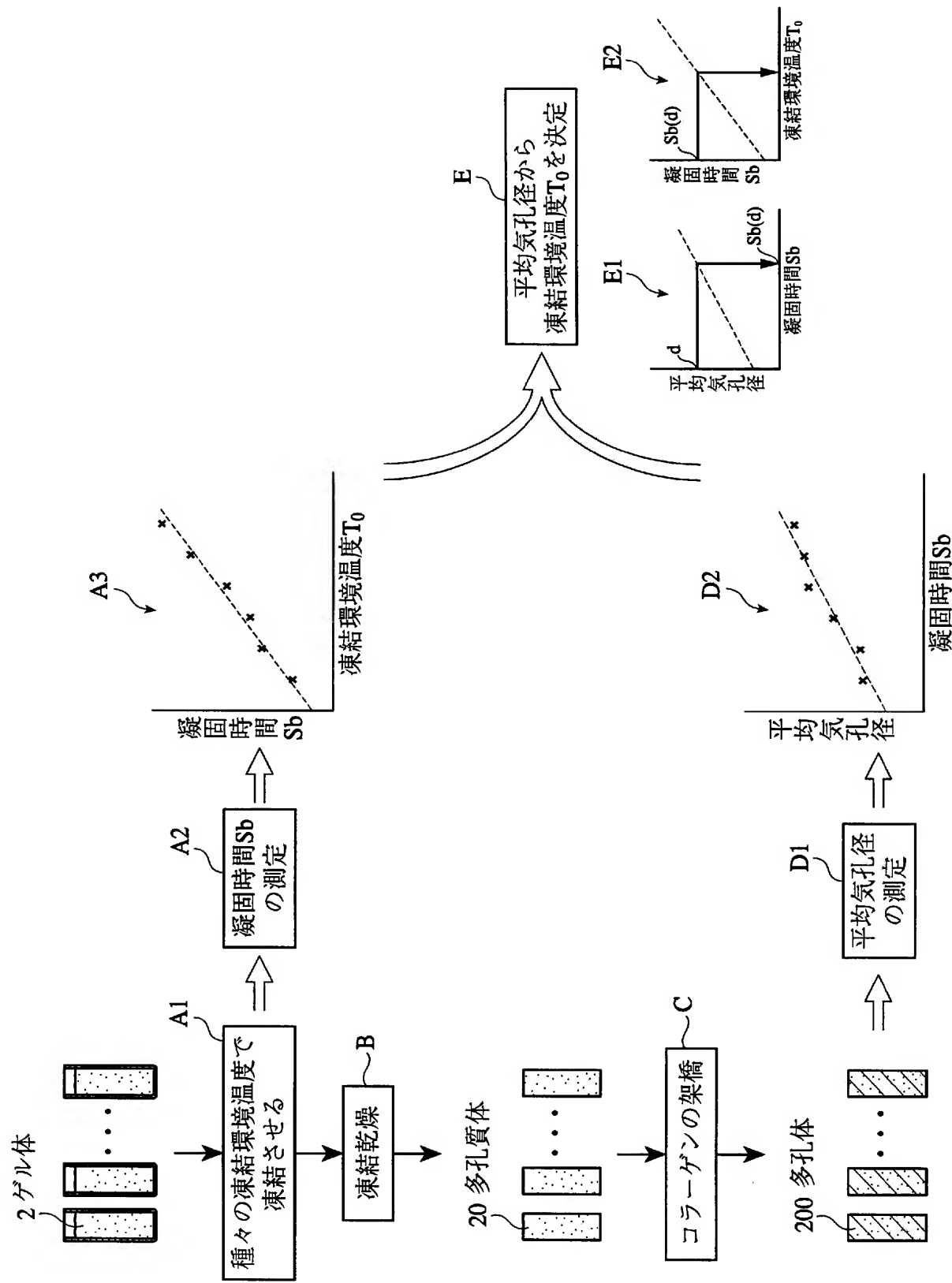
２０・・・多孔質体

２００・・・アパタイト／コラーゲンを含む多孔体（アパタイト／コラーゲン多孔体）

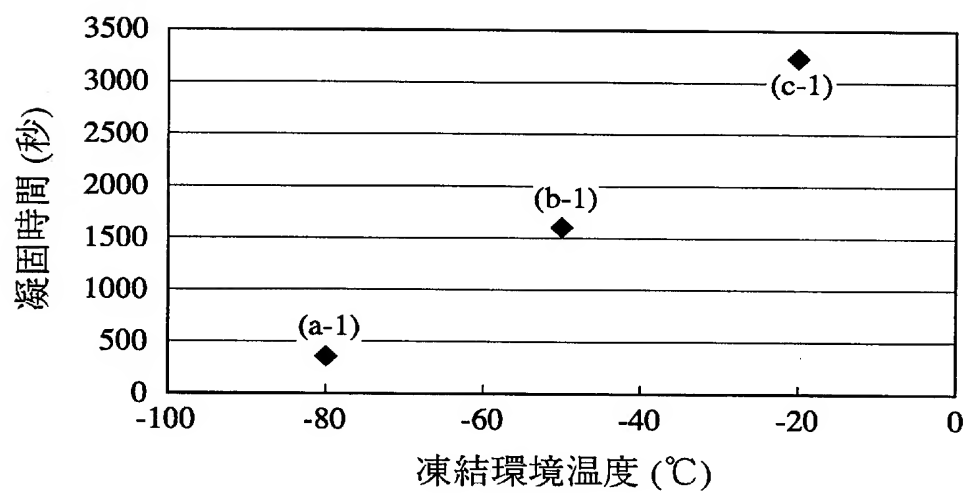


【図 2】

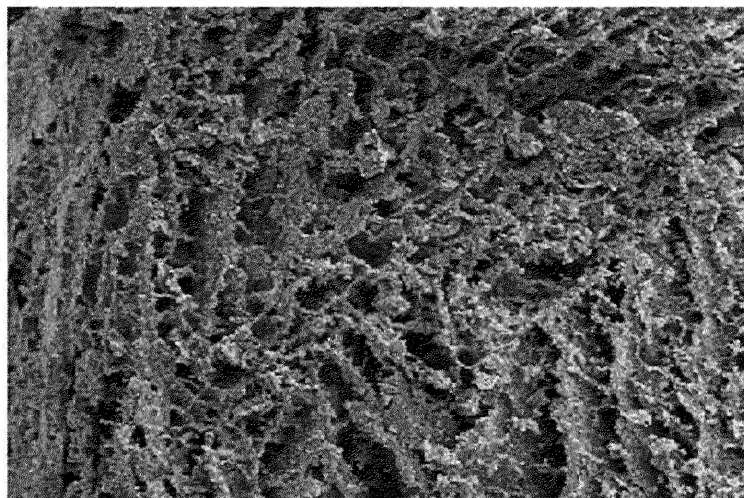




【 図 4 】

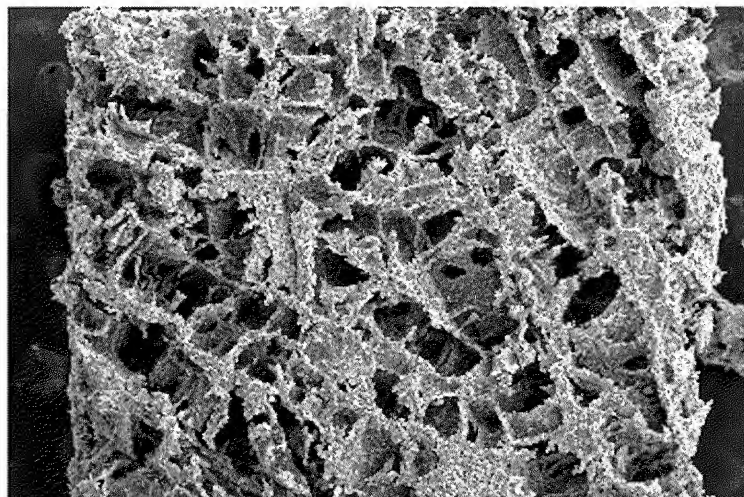


(a-1)



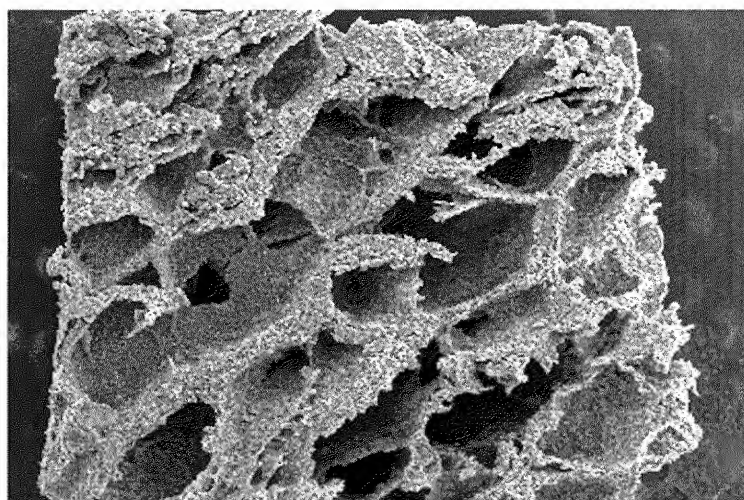
750 μm

(b-1)



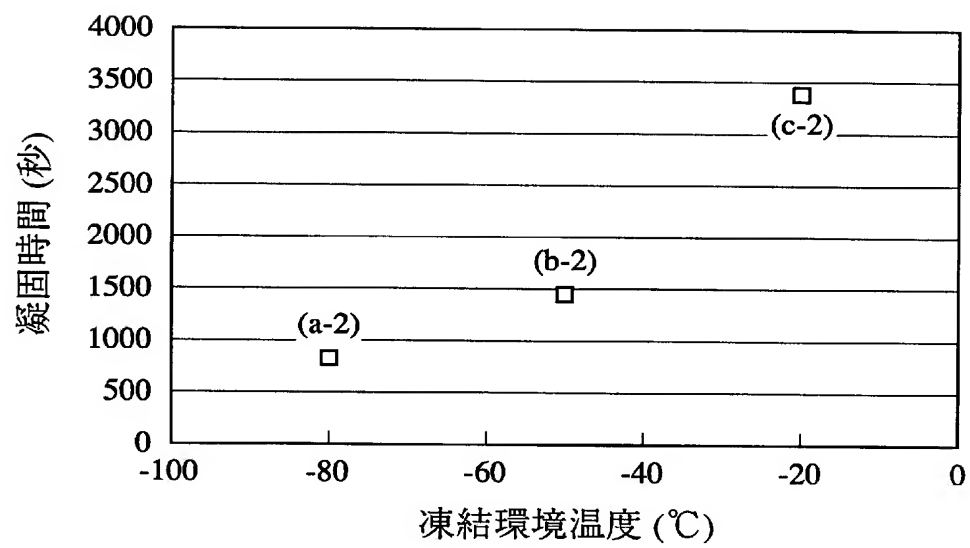
750 μm

(c-1)

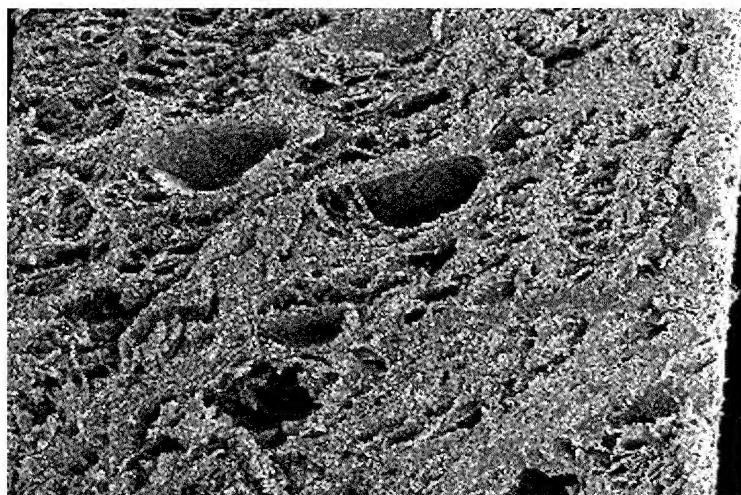


750 μm

【 図 6 】

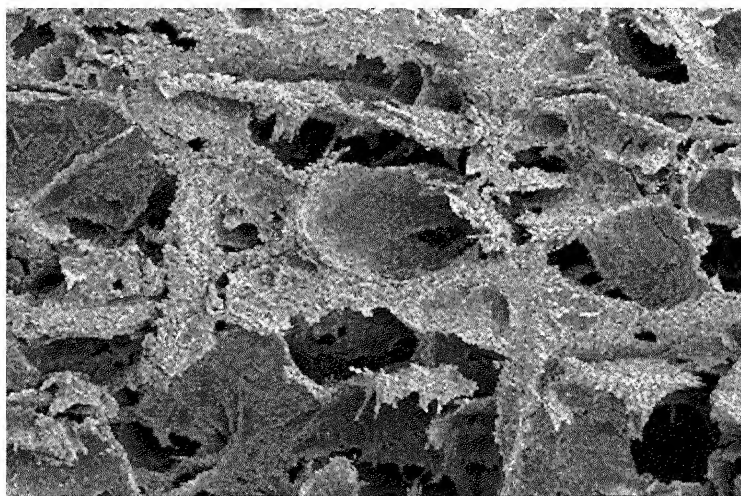


(a-2)



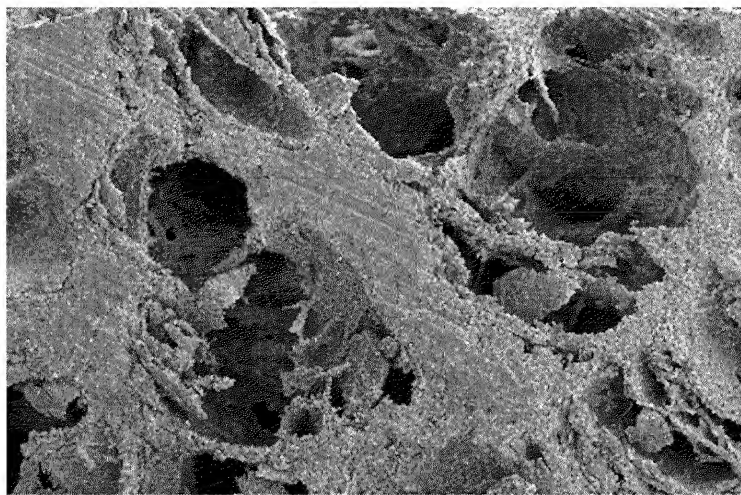
750 μm

(b-2)



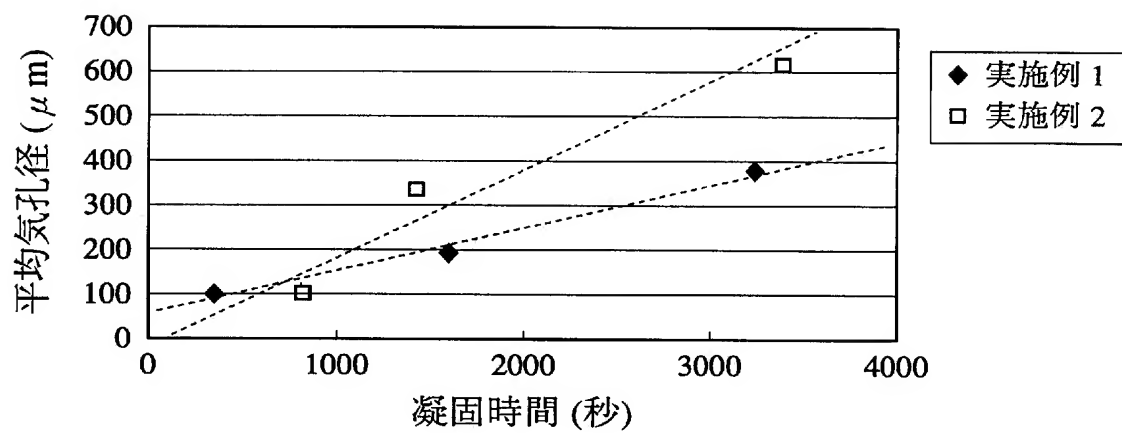
750 μm

(c-2)



750 μm

【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体を製造する工程において、多孔体の平均気孔径を制御する方法を提供する。

【解決手段】 アパタイト／コラーゲン複合体繊維と、コラーゲンと、水とを含む分散物をゲル化した後、得られたゲル体を凍結及び乾燥することにより多孔質体とし、前記多孔質体中のコラーゲンを架橋するアパタイト／コラーゲン複合体繊維を含む多孔体の製造において、前記凍結の工程における前記ゲル体の凝固時間により、前記多孔体の平均気孔径を制御する方法。

【選択図】 図 3

【書類名】 手続補正書
【整理番号】 JP03636
【提出日】 平成16年 5月17日
【あて先】 特許庁長官 殿
【事件の表示】
【出願番号】 特願2004-100765
【補正をする者】
【識別番号】 301023238
【氏名又は名称】 独立行政法人物質・材料研究機構
【補正をする者】
【識別番号】 000000527
【氏名又は名称】 ベンタックス株式会社
【代理人】
【識別番号】 100080012
【弁理士】
【氏名又は名称】 高石 橘馬
【電話番号】 03(5228)6355
【発送番号】 040264
【手続補正1】
【補正対象書類名】 特許願
【補正対象項目名】 提出物件の目録
【補正方法】 追加
【補正の内容】
【提出物件の目録】
【物件名】 持分の割合を証明する書面 1
【その他】 持分の割合を証明する書面は手続補足書にて提出いたします。

出願人履歴

3 0 1 0 2 3 2 3 8

20010402

新規登録

5 0 3 3 4 6 9 2 4

茨城県つくば市千現一丁目2番1号

独立行政法人物質・材料研究機構

0 0 0 0 0 0 5 2 7

20021001

名称変更

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

ペンタックス株式会社